

## TREATMENT UNIT AND ITS CLEANING METHOD

Patent number: JP2002057106

Publication date: 2002-02-22

Inventor: OKA SHINSUKE; YOKOYAMA ATSUSHI; NAKASE RISA;  
ISHIZUKA SHUICHI

Applicant: TOKYO ELECTRON LTD

Classification:

- international: B08B7/00; C23C16/44; H01J37/32; B08B7/00; C23C16/44;  
H01J37/32; (IPC1-7): H01L21/205; C23C16/44; H01L21/3065

- european: B08B7/00S; C23C16/44A6; H01J37/32D2

Application number: JP20000239426 20000808

Priority number(s): JP20000239426 20000808

Also published as:



WO0212587 (A3)

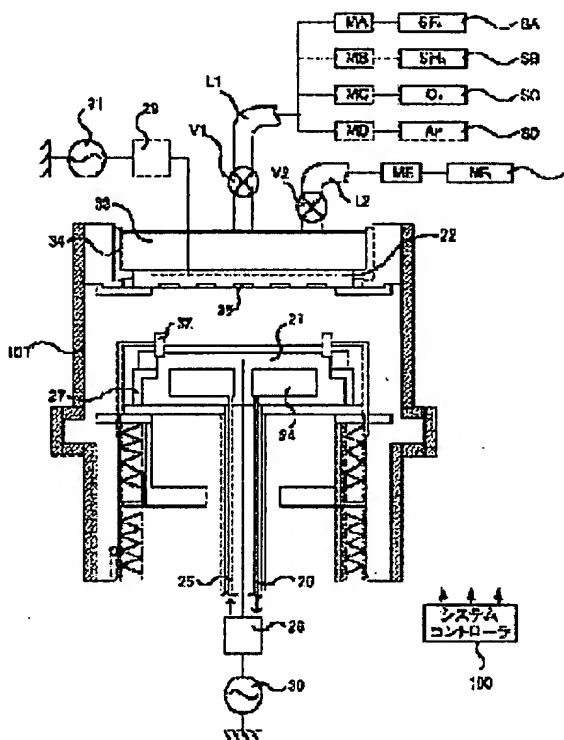
WO0212587 (A2)

US2004065344 (A)

Report a data error here

## Abstract of JP2002057106

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide the dry cleaning method of a plasma-treating unit that can be cleaned with a high cleaning rate. **SOLUTION:** In the dry cleaning of the parallel and flat type plasma-treating unit, gas for cleaning is changed into plasma in a treatment chamber by applying high-frequency power to both electrodes, thus carrying out cleaning by the gas. Also, a cleaning gas that is changed into the plasma by a plasma generator provided outside the treatment chamber is introduced into the chamber, the high-frequency power is applied to at least one of the electrodes and activated in the treatment chamber furthermore for carrying out the cleaning.



Best Available Copy

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-57106  
(P2002-57106A)

(43) 公開日 平成14年2月22日 (2002.2.22)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/44		C 2 3 C 16/44	J 5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/3065		H 0 1 L 21/302	N 5 F 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2000-239426(P2000-239426)

(22) 出願日 平成12年8月8日 (2000.8.8)

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社  
東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72) 発明者 岡 信介

神奈川県津久井郡城山町町屋1丁目2番41  
東京エレクトロン宮城株式会社内

(72) 発明者 横山 敦

神奈川県津久井郡城山町町屋1丁目2番41  
東京エレクトロン宮城株式会社内

(74) 代理人 100095407

弁理士 木村 満 (外1名)

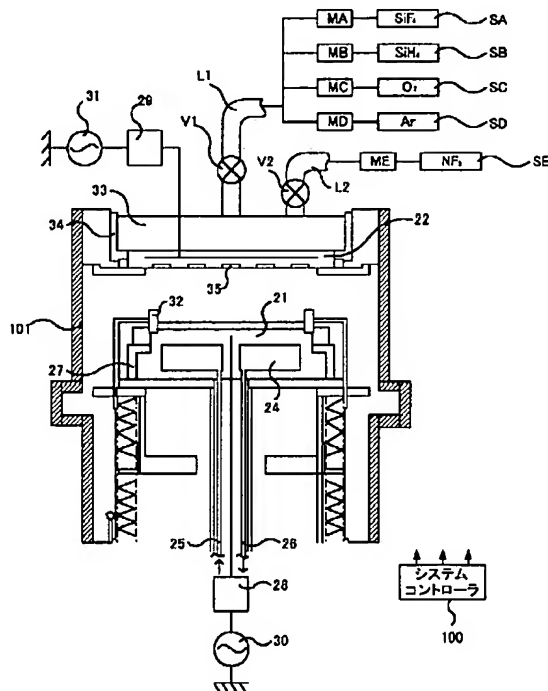
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 処理装置のクリーニング方法及び処理装置

(57) 【要約】

【課題】 クリーニングレートの高いクリーニングが可能なプラズマ処理装置のドライクリーニング方法を提供する。

【解決手段】 平行平板型プラズマ処理装置のドライクリーニングにおいて、クリーニング用のガスを2つの両電極に高周波電力を印加して処理チャンバ内でプラズマ化し、このガスによりクリーニングを行う。また、処理チャンバの外部に配設されたプラズマ発生装置によりプラズマ化されたクリーニングガスをチャンバ内に導入し、電極の少なくとも一方に高周波電力を印加して、処理チャンバ内でさらに活性化してクリーニングを行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】2つの電極を備える平行平板型のプラズマ処理装置の真空チャンバ内を、該真空チャンバの内部でプラズマ化したガスを用いてクリーニングする、プラズマ処理装置のクリーニング方法において、前記2つの電極の両方に高周波電力を印加してクリーニングを行うことを特徴とするプラズマ処理装置のクリーニング方法。

【請求項2】2つの電極を備える平行平板型のプラズマ処理装置の真空チャンバ内を、該真空チャンバの外部で活性化したガスを用いてクリーニングする、プラズマ処理装置のクリーニング方法において、前記2つの電極の少なくとも1つに高周波電力を印加してクリーニングを行うことを特徴とするプラズマ処理装置のクリーニング方法。

【請求項3】被処理体に所定の処理を施す処理装置の真空チャンバ内を、該真空チャンバの外部で活性化したガスを用いてクリーニングする、処理装置のクリーニング方法において、クリーニングするためのガスを、前記真空チャンバに設けられた3カ所以上のガス供給口から該真空チャンバ内に供給することを特徴とする処理装置のクリーニング方法。

【請求項4】被処理体に所定の処理を施す処理装置の真空チャンバ内を、該真空チャンバの外部で活性化したガスを用いてクリーニングする、処理装置のクリーニング方法において、前記ガスは、前記真空チャンバの内部に多方向に吹き出されて供給されることを特徴とする処理装置のクリーニング方法。

【請求項5】被処理体に所定の処理を施す処理装置の真空チャンバ内を、該真空チャンバの外部で活性化したガスを用いてクリーニングする、処理装置のクリーニング方法において、クリーニング中、前記真空チャンバの内部の圧力を100～400Paとすることを特徴とする処理装置のクリーニング方法。

【請求項6】被処理体に所定の処理を施す処理装置の真空チャンバ内を、活性化したガスを用いてクリーニングする、処理装置のクリーニング方法において、クリーニング中、前記真空チャンバの内部を加熱することを特徴とする処理装置のクリーニング方法。

【請求項7】前記加熱を、前記真空チャンバの壁の内部に温調媒体を通して行うことを特徴とする請求項6に記載の処理装置のクリーニング方法。

【請求項8】前記加熱を、前記真空チャンバの壁の内部に備えたヒータにより行うことを特徴とする請求項6に記載の処理装置のクリーニング方法。

【請求項9】前記加熱を、前記真空チャンバの壁に設けられた窓を通した、該真空チャンバの外部からの光の照

射により行うことを特徴とする請求項6に記載の処理装置のクリーニング方法。

【請求項10】互いに並行する2つの平板電極を備えた真空チャンバと、前記真空チャンバをクリーニングするためのガスを該真空チャンバ内に供給可能に構成されたガス供給ラインと、から構成される処理装置において、前記2つの平板電極の両方に高周波電力を印加してクリーニングを行うことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項11】互いに並行する2つの平板電極を備えた真空チャンバと、前記真空チャンバをクリーニングするためのガスを該真空チャンバ内に供給可能に構成されたガス供給ラインと、前記ガス供給ラインを介して、前記真空チャンバに供給されるガスを供給可能に構成されたガス活性化手段と、から構成される処理装置において、前記2つの平板電極の少なくとも1つに高周波電力を印加してクリーニングを行うことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項12】真空チャンバと、前記真空チャンバをクリーニングするためのガスを該真空チャンバ内に供給可能に構成されたガス供給ラインと、前記ガス供給ラインを介して、前記真空チャンバに供給されるガスを供給可能に構成されたガス活性化手段と、から構成される処理装置において、前記ガス供給ラインは、前記真空チャンバ内に設けられた3カ所以上のガス供給口から該真空チャンバ内にガスを供給することを特徴とする処理装置。

【請求項13】前記ガス供給口は、気体が通過可能に構成された複数の開口部を有する蓋部材で覆われ、該開口部の総平面面積は、該ガス供給口の面積に対して、50～80%であることを特徴とする請求項12に記載の処理装置。

【請求項14】前記ガス供給口は、気体が通過可能に構成された複数の開口部を有する蓋部材で覆われ、該開口部は、前記クリーニングガスを多方向に吹き出し可能に構成されていることを特徴とする請求項12又は13に記載の処理装置。

【請求項15】真空チャンバと、前記真空チャンバをクリーニングするためのガスを該真空チャンバ内に供給可能に構成されたガス供給ラインと、前記ガス供給ラインを介して、前記真空チャンバに供給されるガスを供給可能に構成されたガス活性化手段と、から構成される処理装置において、クリーニング中、前記真空チャンバの内部の圧力を100～400Paとすることを特徴とする処理装置。

【請求項16】真空チャンバと、  
前記真空チャンバをクリーニングするためのガスを該真空チャンバ内に供給可能に構成されたガス供給ラインと、  
前記ガス供給ラインを介して、前記真空チャンバに供給されるガスを供給可能に構成されたガス活性化手段と、  
から構成される処理装置において、  
クリーニング中、前記真空チャンバの内部を加熱することを特徴とする処理装置。

【請求項17】前記加熱を、前記真空チャンバの壁の内部に温調媒体を通して行うことを特徴とする請求項16に記載の処理装置。

【請求項18】前記加熱を、前記真空チャンバの壁の内部に備えたヒータにより行うことを特徴とする請求項16に記載の処理装置。

【請求項19】前記加熱を、前記真空チャンバの壁に設けられた窓を通した、該真空チャンバの外部からの光の照射により行うことを特徴とする請求項16に記載の処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、効率的なクリーニングの可能な処理装置及びそのクリーニング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体ウェハ等の基板に成膜、エッチング等の処理を行う方法には、プラズマを用いた方法が用いられる。このようなプラズマ処理を行う手法の一つとして、互いに平行な上部電極と下部電極間に高周波電力を印加してプラズマを発生させ、そのプラズマにより成膜を行う平行平板型プラズマ処理装置を用いる方法がある。

【0003】一般に、ウェハに対する、成膜、エッチング等のプラズマ処理では、ウェハ上だけでなく処理チャンバ内のいたるところに膜堆積が起こる。このため、ウェハ上以外に堆積した膜が剥がれて、ウェハに堆積された膜中に取り込まれたり、ウェハ表面に付着したりする。これは、このウェハが構成するデバイスの欠陥につながり、デバイスの歩留まりの低下、デバイス特性の悪化といった問題を生じる。従って、これらのチャンバ内に付着、堆積した膜を定期的にクリーニングする必要がある。

【0004】そのためのプラズマ処理装置のクリーニングとして、クリーニング用のガスをプラズマ化して装置のクリーニングを行うドライクリーニングが主流となっている。平行平板型プラズマ処理装置に関しては、装置内に $\text{NF}_3$ 等のクリーニング用のガスを供給しつつ、上部電極に高周波電力を印加して、このガスをプラズマ化してクリーニングを行っていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようなクリーニング方法では、クリーニングに時間がかかる、また、プロセスガスの吹き出し口（天板）等、十分にクリーニングされない箇所が残る、といった問題があった。

【0006】上記問題を解決するため、本発明は、クリーニングレートが高く、かつ、チャンバ内でのクリーニングレートの均等な処理装置及びそのクリーニング方法の提供を目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の第1の観点に係るプラズマ処理装置のクリーニング方法は、2つの電極を備える平行平板型のプラズマ処理装置の真空チャンバ内を、該真空チャンバの内部でプラズマ化したガスを用いてクリーニングする、プラズマ処理装置のクリーニング方法において、前記2つの電極の両方に高周波電力を印加してクリーニングを行うことを特徴とする。

【0008】上記構成の方法によれば、チャンバのクリーニング用のガスを、チャンバ内部に備えられた2本の電極に高周波電力を印加してプラズマ化し、電極の片方に印加した場合よりもクリーニングガスのクリーニング活性を高めることができ、従って、クリーニングレートを向上させることができる。

【0009】上記目的を達成するため、本発明の第2の観点に係るプラズマ処理装置のクリーニング方法は、2つの電極を備える平行平板型のプラズマ処理装置の真空チャンバ内を、該真空チャンバの外部で活性化したガスを用いてクリーニングする、プラズマ処理装置のクリーニング方法において、前記2つの電極の少なくとも1つに高周波電力を印加してクリーニングを行うことを特徴とする。

【0010】上記構成の方法によれば、チャンバの外部でプラズマ化した、チャンバのクリーニング用のガスを、チャンバ内部に備えられた電極に高周波電力を印加してさらに活性化することができ、従って、クリーニングガスのクリーニング活性をさらに高めることによりクリーニングレートを向上させることができる。

【0011】上記目的を達成するため、本発明の第3の観点に係る処理装置のクリーニング方法は、被処理体に所定の処理を施す処理装置の真空チャンバ内を、該真空チャンバの外部で活性化したガスを用いてクリーニングする、処理装置のクリーニング方法において、クリーニングするためのガスを、前記真空チャンバに設けられた3カ所以上のガス供給口から該真空チャンバ内に供給することを特徴とする。

【0012】上記構成の方法によれば、チャンバの外部でプラズマ化した、チャンバのクリーニング用のガスをチャンバ内に3カ所以上のガス供給口から供給して、クリーニングガス供給の偏りを無くし、チャンバ内を均一

にクリーニングすることができる。

【0013】上記目的を達成するため、本発明の第4の観点に係るプラズマ処理装置のクリーニング方法は、被処理体に所定の処理を施す処理装置の真空チャンバ内を、該真空チャンバの外部で活性化したガスを用いてクリーニングする、処理装置のクリーニング方法において、前記ガスは、前記真空チャンバの内部に多方向に吹き出されて供給されることを特徴とする。

【0014】上記構成の方法によれば、チャンバの外部でプラズマ化した、チャンバのクリーニング用のガスをチャンバ内に供給する際、1つのクリーニングガスの流れが多方向に分けられて供給されるので、クリーニングガス供給の偏りを無くし、チャンバ内を均一にクリーニングすることができる。

【0015】上記目的を達成するため、本発明の第5の観点に係る処理装置のクリーニング方法は、被処理体に所定の処理を施す処理装置の真空チャンバ内を、該真空チャンバの外部で活性化したガスを用いてクリーニングする、処理装置のクリーニング方法において、クリーニング中、前記真空チャンバの内部の圧力を100～400Paとすることを特徴とする。

【0016】上記構成の方法によれば、クリーニング時のチャンバ内の圧力を低真空状態に保つことにより、クリーニングガスを構成する気体分子の量を増加させることができ、従って、クリーニングレートを向上させることができる。

【0017】上記目的を達成するため、本発明の第6の観点に係る処理装置のクリーニング方法は、被処理体に所定の処理を施す処理装置の真空チャンバ内を、活性化したガスを用いてクリーニングする、処理装置のクリーニング方法において、クリーニング中、前記真空チャンバの内部を加熱することを特徴とする。

【0018】上記構成の方法によれば、クリーニング時のチャンバ内を加熱することにより、チャンバ壁等に堆積したクリーニングされる膜を加熱活性化してクリーニングガスとの反応性を高めることができ、従って、クリーニングレートを向上させることができる。

【0019】上記第6の観点に係るプラズマ処理装置のクリーニング方法において、前記加熱を、前記真空チャンバの壁の内部に温調媒体を通して行ってもよい。

【0020】上記第6の観点に係るプラズマ処理装置のクリーニング方法において、前記加熱を、前記真空チャンバの壁の内部に備えたヒータにより行ってもよい。

【0021】上記第6の観点に係るプラズマ処理装置のクリーニング方法において、前記加熱を、前記真空チャンバの壁に設けられた窓を通した、該真空チャンバの外部からの光の照射により行ってもよい。

【0022】上記目的を達成するため、本発明の第7の観点に係るプラズマ処理装置は、互いに並行する2つの平板電極を備えた真空チャンバと、前記真空チャンバを

クリーニングするためのガスを該真空チャンバ内に供給可能に構成されたガス供給ラインと、から構成される処理装置において、前記2つの平板電極の両方に高周波電力を印加してクリーニングを行うことを特徴とする。

【0023】上記構成の装置によれば、チャンバのクリーニング用のガスを、チャンバ内部に備えられた2本の電極に高周波電力を印加してプラズマ化し、電極の片方に印加した場合よりもクリーニングガスのクリーニング活性を高めることができ、従って、クリーニングレートを向上させることができる。

【0024】上記目的を達成するため、本発明の第8の観点に係るプラズマ処理装置は、互いに並行する2つの平板電極を備えた真空チャンバと、前記真空チャンバをクリーニングするためのガスを該真空チャンバ内に供給可能に構成されたガス供給ラインと、前記ガス供給ラインを介して、前記真空チャンバに供給されるガスを供給可能に構成されたガス活性化手段と、から構成される処理装置において、前記2つの平板電極の少なくとも1つに高周波電力を印加してクリーニングを行うことを特徴とする。

【0025】上記構成の装置によれば、チャンバの外部でプラズマ化した、チャンバのクリーニング用のガスを、チャンバ内部に備えられた電極に高周波電力を印加してさらに活性化することができ、従って、クリーニングガスのクリーニング活性をさらに高めることによりクリーニングレートを向上させることができる。

【0026】上記目的を達成するため、本発明の第9の観点に係る処理装置は、真空チャンバと、前記真空チャンバをクリーニングするためのガスを該真空チャンバ内に供給可能に構成されたガス供給ラインと、前記ガス供給ラインを介して、前記真空チャンバに供給されるガスを供給可能に構成されたガス活性化手段と、から構成される処理装置において、前記ガス供給ラインは、前記真空チャンバ内に設けられた3カ所以上のガス供給口から該真空チャンバ内にガスを供給することを特徴とする。

【0027】上記構成の装置によれば、チャンバの外部でプラズマ化した、チャンバのクリーニング用のガスをチャンバ内に3カ所以上のガス供給口から供給して、クリーニングガス供給の偏りを無くし、チャンバ内を均一にクリーニングすることができる。

【0028】上記第9の観点に係る処理装置において、前記ガス供給口は、気体が通過可能に構成された複数の開口部を有する蓋部材で覆われ、該開口部の総平面面積は、該ガス供給口の面積に対して、50～80%であることが望ましい。

【0029】上記第9の観点に係る処理装置において、前記ガス供給口は、気体が通過可能に構成された複数の開口部を有する蓋部材で覆われ、該開口部は、前記クリーニングガスを多方向に吹き出し可能に構成されていることが望ましい。

【0030】上記目的を達成するため、本発明の第10の観点に係る処理装置は、真空チャンバと、前記真空チャンバをクリーニングするためのガスを該真空チャンバ内に供給可能に構成されたガス供給ラインと、前記ガス供給ラインを介して、前記真空チャンバに供給されるガスを供給可能に構成されたガス活性化手段と、から構成される処理装置において、クリーニング中、前記真空チャンバの内部の圧力を100〜400Paとすることを特徴とする。

【0031】上記構成の装置によれば、クリーニング時のチャンバ内の圧力を低真空状態に保つことにより、クリーニングガスを構成する気体分子の量を増加させることができ、従って、クリーニングレートを向上させることができる。

【0032】上記目的を達成するため、本発明の第11の観点に係る処理装置は、真空チャンバと、前記真空チャンバをクリーニングするためのガスを該真空チャンバ内に供給可能に構成されたガス供給ラインと、前記ガス供給ラインを介して、前記真空チャンバに供給されるガスを供給可能に構成されたガス活性化手段と、から構成される処理装置において、クリーニング中、前記真空チャンバの内部を加熱することを特徴とする。

【0033】上記構成の装置によれば、クリーニング時のチャンバ内を加熱することにより、チャンバ壁等に堆積したクリーニングされる膜を加熱活性化してクリーニングガスとの反応性を高めることができ、従って、クリーニングレートを向上させることができる。

【0034】上記第11の観点に係る処理装置において、前記加熱を、前記真空チャンバの壁の内部に温調媒体を通して行ってもよい。

【0035】上記第11の観点に係る処理装置において、前記加熱を、前記真空チャンバの壁の内部に備えたヒータにより行ってもよい。

【0036】上記第11の観点に係る処理装置において、前記加熱を、前記真空チャンバの壁に設けられた窓を通した、該真空チャンバの外部からの光の照射により行ってもよい。

【0037】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態に係る処理装置について、以下図面を参照して説明する。

(第1の実施の形態) 図1は第1の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成例を示す。このプラズマ処理装置は、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{SiF}_4$  をプロセスガスとして、被処理体に $\text{SiOF}$ 膜を成膜し、被処理体以外のチャンバ内に堆積した $\text{SiOF}$ 膜を $\text{NF}_3$ 、 $\text{Ar}$ のクリーニングガスによりクリーニングする機能を有する。

【0038】図1に示すように、このプラズマ処理装置は、処理チャンバ101と、サセプタ21と、電極板22と、ガス供給ラインL1と、クリーニングガス供給ラインL2と、システムコントローラ100とから構成さ

れる。

【0039】サセプタ21は処理チャンバ101の中央に設けられ、例えば、アルミニウムからなり、ほぼ円柱状に形成されている。サセプタ21には、被処理体、例えば、半導体ウェハが載置される。サセプタ21の表面には静電チャック(図示せず)が設けられている。この静電チャックは、薄い静電層の中にチャック電極を埋設して構成され、チャック電極は直流電圧源から直流電圧が印加されることにより、ウェハを静電吸着するものである。

【0040】サセプタ21内には、温調媒体の流路が形成され、温調媒体供給管25から供給された温調媒体が温調媒体流路24を通して温調媒体排出管26から排出されるよう構成されている。処理されるウェハの温度は、この温調媒体による冷熱等により調整される。

【0041】サセプタ21は平行平板型電極の一方の電極である下部電極としても機能する。サセプタ21は、処理チャンバ101に対して絶縁されるように、絶縁体27の上に配置されている。そして、下部電極であるサセプタ21と基準電位、例えば、アースとの間には、整合器28及び第1のRF電源30が接続されている。

【0042】サセプタ21の上部周縁部には、半導体ウェハに反応性イオンを効果的に入射させるために絶縁材よりなるフォーカスリング32が設けられている。また、ウェハの受け渡し用のリフトピン(図示せず)が、サセプタ21及び静電チャックを貫通して昇降可能に設けられている。

【0043】電極板22は、処理チャンバ101の天井部に、サセプタ21に対して平行に、かつ、対向するように設けられ、上部電極として機能する。この電極板22は、例えば、 $\text{SiO}_2$ によりコーティングされたアルミニウムから構成される。

【0044】電極板22の電極支持体33中には、ガス供給ラインL1に接続されたガス流路(図示せず)が形成されており、ガス供給ラインL1からのガスはガス流路を介して電極板22のガス供給穴35から処理チャンバ101内に供給される。ここで、電極板22及び電極支持体33は、絶縁体34により処理チャンバ101に対して絶縁されている。上部電極である電極板22と基準電位、例えば、アースとの間には整合器29及び第2のRF電源31が接続されている。

【0045】ガス供給ラインL1は、バルブV1を介して、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{SiF}_4$ 、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{Ar}$ 等のガス供給源SA、SB、SC、SDに接続されている。ガス供給源SA、SB、SC、SDは、マスフローコントローラMA、MB、MC、MDにより、所望の処理に応じてガスを所定の順序、流量で供給する。

【0046】クリーニングガス供給ラインL2は、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{SiF}_4$ 等のプロセスガスとの反応を防ぐため、ガス供給ラインL1とは別に設けられ、バルブV2を介

して、 $\text{NF}_3$  ガス供給源SEに接続されている。ガス供給源SEは、マスフローコントローラにMEより、所望の処理に応じてガスを所定の順序、流量で供給する。

【0047】処理チャンバ101の排気側には、圧力調整弁(APC)104を介してターボ分子ポンプ(TM P)103が接続されている。ターボ分子ポンプ103は、処理チャンバ101内を排気し、圧力調整弁104により、処理チャンバ101内の圧力は所定の真空度とされる。

【0048】システムコントローラ100は、成膜処理及びクリーニング処理時に、ガス供給系、処理チャンバ101、圧力調整弁104等、プラズマ処理装置全体の制御を行う。

【0049】次に、本実施の形態のプラズマ処理装置のクリーニング時の動作に関して、図1を参照して説明する。システムコントローラ100の制御の下、被処理体であるウェハを処理チャンバ101内へ搬入後、 $\text{SiF}_4$ 、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{O}_2$ 、Arといったプロセスガスを処理チャンバ101内に供給し、上部電極22及び下部電極にRF電力を印加して、ウェハ上にSiOF膜を成膜する。所定の膜厚のSiOF膜がウェハ上に成膜された後、ウェハは処理チャンバ101から搬出される。上述の動作で所定枚数のウェハを処理した後、システムコントローラ100は、処理チャンバ101のクリーニングを開始する。

【0050】まず、クリーニング用のダミーウェハを処理チャンバ101内に搬入してサセプタ21上に載置し、静電チャックにより吸着保持する。続いて、バルブV1を開放し、ガス供給源SDからArガスを、マスフローコントローラMCにより所定の流量に調整して、ガス供給穴35を介して処理チャンバ101内に供給する。

【0051】Arガスの供給の後、上部電極22とアース間に第2のRF電源31により、RF電力を印加するとともに、下部電極とアース間に第1のRF電源30によりRF電力を印加する。

【0052】この後、 $\text{NF}_3$  ガスをマスフローコントローラMEにより所定の流量に調整して、ガス供給源SEからクリーニングガス供給ラインL2を介してガス供給穴35から、処理チャンバ101に供給する。供給された $\text{NF}_3$  ガスは、上部電極22及び下部電極へのRF電力の印加によりプラズマ化されてフッ素ラジカル $\text{F}^*$ を発生し(化学式1)、処理チャンバ101内に堆積、付着したSiOF膜と反応して $\text{SiF}_4$ 等となり(化学式2)、これら反応生成物は排気とともに除去される。

【化1】 $\text{NF}_3 \rightarrow 3\text{F}^* + 1/2\text{N}_2$

【化2】 $\text{SiOF} + 3\text{F}^* \rightarrow \text{SiF}_4 \uparrow + 1/2\text{O}_2 \uparrow$

【0053】システムコントローラ100は、クリーニングが終点に達したと判断すると、上部電極22及び下部電極へのRF電力の印加をオフとし、Arガス、 $\text{NF}_3$

ガスの供給を止める。続いて、ガス供給源SC、SDからマスフローコントローラMC、MDにより所定の流量に調整して $\text{O}_2$  ガス、Arガスを供給するとともに、ウェハ除電のため、上部電極22へRF電力を印可する。その所定時間後、Arガスの供給を止め、上部電極22へのRF電力の印加をオフとする。続いて、ウェハの吸着状態を解除し、 $\text{O}_2$  ガスの供給を止める。最後に、ダミーウェハを処理チャンバ101から搬出し、クリーニングを終了する。ここで、システムコントローラ100は、クリーニング中、処理チャンバ101の外部に設けられたプラズマ発光センサ(図示せず)により、発生する $\text{O}_2$  プラズマの発光強度をモニタして終点を検出する。

【0054】図2は、第1の実施の形態のプラズマ処理装置を用い、電極間距離が50mmで、ウェハ上に5 $\mu\text{m}$ のSiOF膜を成膜した後に、クリーニングを行ったときの結果である。クリーニング時、上部電極22に1.5KwのRF電力を印加した。 $\text{NF}_3$  ガスは500sccm、Arガスは500sccmとし、処理チャンバ101内の圧力は13Paとした。

【0055】図2に見られるように、下部電極にRF電力を印加してクリーニングを行った場合には、印加しない場合に比べてクリーニング時間が短縮される。従って、上部電極22のみにRF電力を印加し、下部電極には印加しない従来のプラズマを用いたドライクリーニング方法に比べ、上部電極22及び下部電極にRF電力を印加する本実施の形態では、高いクリーニングレートが得られる。

【0056】(第2の実施の形態)図3に第2の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成を示す。図4は、処理チャンバ101の内部を詳細に示す断面図である。図3及び図4において、図1と同一の部分には同一の符号を付す。

【0057】第2の実施の形態のプラズマ処理装置は、被処理体にプラズマ処理を行った後、チャンバの外部でプラズマ化させたクリーニングガス(リモートプラズマガス)を用いてチャンバをクリーニングする、リモートプラズマドライクリーニングを行うもので、図2に示すように、処理チャンバ101と、プラズマ発生装置102と、システムコントローラ100とから構成される。

【0058】プラズマ発生装置102は、バルブV3及びマスフローコントローラMF、MGを介してクリーニングガス供給源SF、SGに接続されている。プラズマ発生装置102は、プラズマ発生機構を有し、内部を通過するガスをプラズマ化する。クリーニングガス供給源SF、SGから供給される $\text{NF}_3$ 等のクリーニングガスは、プラズマ発生装置102を通過してプラズマ化され、排気側に接続されたクリーニングガス供給ラインL3を介して処理チャンバ101に供給される。

【0059】このようリモートプラズマクリーニング



では、リモートプラズマガスの活性は、チャンバ内部で発生させたプラズマガスに比べ穏やかであり、プラズマ化により生成した活性種によるチャンバ壁、フォーカスリング等の攻撃は抑えられ、装置の消耗を防ぐことができるので、チャンバの内部でプラズマを発生させる方法よりも好ましい。

【0060】図4に示すように、プラズマ処理装置の外壁にはクリーニングガス供給口41が設けられている。クリーニングガス供給口41は処理チャンバ101の外部に配設されたプラズマ発生装置102の排気側にクリーニングガス供給ラインL3を介して接続されている。また、プラズマ発生装置102の吸気側には、クリーニングガス、 $\text{NF}_3$ ガス、Arのガス供給源SF、SGがそれぞれバルブ、マスフローコントローラMF、MGを介して接続されている。

【0061】以下、第2の実施の形態におけるクリーニングの動作について、図3及び図4を参照して説明する。まず、クリーニング用のダミーウェハを処理チャンバ101内に搬入してサセプタ21上に載置し、静電チャックにより吸着保持する。続いて、バルブV3を開放して、 $\text{NF}_3$ ガス、Arガスをガス供給源SF、SGからプラズマ発生装置102、クリーニングガス供給ラインL3を介して処理チャンバ101内に供給する。

【0062】クリーニングガスの供給後、プラズマ発生装置102の電源をオンとし、プラズマ発生装置102内にリモートプラズマガスを発生させ、発生したプラズマガスをクリーニングガス供給ラインL3を介してクリーニングガス供給口41から処理チャンバ101内に供給する。

【0063】システムコントローラ100は、クリーニングが終点に達したと判断すると、プラズマ発生装置102をオフとし、バルブV3を閉鎖し、クリーニングガスの処理チャンバ101内への供給を止める。次に、バルブV1を開放し、 $\text{O}_2$ ガス、Arガスを処理チャンバ101内に供給すると共に、ウェハ除電のため、上部電極22へRF電力を印可する。その所定時間後、Arガスの供給を止め、上部電極22へのRF電力の印加をオフとする。続いて、ウェハの吸着状態を解除し、バルブV1を閉鎖して $\text{O}_2$ ガスの流入を止める。最後に、ダミーウェハを処理チャンバ101から搬出し、クリーニングは終了する。ここで、システムコントローラ100は、クリーニング中、処理チャンバ101の外部に設けられたプラズマ発光センサ（図示せず）により、発生する $\text{O}_2$ プラズマの発光強度をモニタして終点を検出する。

【0064】上記クリーニングを行う際、処理チャンバ101の内部の圧力は、10Pa程度であった従来よりも高圧、例えば、100～400Paに保たれる。図5は、処理チャンバ101内の圧力を100～400Paとした時のクリーニング時間を示す。クリーニングは、

電極間距離が50mmで、ウェハ上に5 $\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ 膜を成膜した後、 $\text{NF}_3$ ガスは500sccm、Arガスは500sccmとして行った。

【0065】図に見られるように、クリーニング時の処理チャンバ101内の圧力を従来よりも高圧とした場合には、クリーニング時間が短く、従来のリモートプラズマクリーニングに比べ、高いクリーニングレートが得られる。しかし、400Pa程度の圧力とした場合には、従来の圧力でのクリーニングに対する時間の短縮が見られるが、200Paにおけるクリーニング時間よりは遅いものとなる。また、圧力の増加は気体、すなわち、クリーニングガスの体積の増加を意味し、過剰なクリーニングガスのチャンバへの供給はチャンバ部材の劣化をもたらし好ましくない。従って、過剰な高圧は望ましくなく、200Pa～400Pa程度の圧力とすることが望ましい。

【0066】（第3の実施の形態）以下、第3の実施の形態におけるクリーニングの動作について、図3及び図4を参照して説明する。第3の実施の形態では、上記第2の実施の形態の装置のリモートプラズマクリーニングにおいて、処理チャンバ101の外部でプラズマ化したクリーニングガスを、電極にRF電力を印加して処理チャンバ101内でさらに活性化してクリーニングを行う。

【0067】まず、クリーニング用のダミーウェハを処理チャンバ101内に搬入してサセプタ21上に載置し、静電チャックにより吸着保持する。続いて、バルブを開放して、 $\text{NF}_3$ ガス、Arガスをガス供給源SF、SGからプラズマ発生装置102、クリーニングガス供給ラインL3を介して処理チャンバ101内に供給する。

【0068】クリーニングガスの供給後、プラズマ発生装置102の電源をオンとし、プラズマ発生装置102内にリモートプラズマガスを発生させ、発生したプラズマガスをクリーニングガス供給ラインL3を介してクリーニングガス供給口41から処理チャンバ101内に供給する。その後、処理チャンバ101内の上部電極22とアース間に第2のRF電源31によりRF電力を印加する。

【0069】システムコントローラ100は、クリーニングが終点に達したと判断すると、プラズマ発生装置102をオフとし、上部電極22への高周波電力の印加をオフとする。次に、バルブV3を閉鎖し、クリーニングガスの処理チャンバ101内への供給を止める。さらに、バルブV1を開放し、 $\text{O}_2$ ガス、Arガスを処理チャンバ101内に供給すると共に、ウェハ除電のため、上部電極22へRF電力を印可する。その所定時間後、Arガスの供給を止め、上部電極22へのRF電力の印加をオフとする。続いて、ウェハの吸着状態を解除し、バルブV1を閉鎖して $\text{O}_2$ ガスの流入を止める。最後



に、ダミーウェハを処理チャンバ101から搬出し、クリーニングは終了する。ここで、システムコントローラ100は、クリーニング中、処理チャンバ101の外部に設けられたプラズマ発光センサ（図示せず）により、発生する $O_2$ プラズマの発光強度をモニタして終点を検出する。

【0070】図6は、第3の実施の形態のプラズマ処理装置を用い、電極間距離が50mmで、ウェハ上に5 $\mu$ mのSiOF膜を成膜した後に、クリーニングを行ったときの結果である。クリーニング時、上部電極22に1.5KwのRF電力を印加し、 $NF_3$ ガスは500sccm、Arガスは500sccmとし、処理チャンバ101内の圧力は200Paとした。

【0071】図6に見られるように、上部電極22にRF電力を印加してリモートプラズマガスによるクリーニングを行った場合には、印加しない場合に比べてクリーニング時間が20%以下に短縮される。従って、従来のリモートプラズマクリーニングに比べ、上部電極22にRF電力を印加して処理チャンバ101内でリモートプラズマガスを活性化してクリーニングを行う本実施の形態により、高いクリーニングレートが得られる。

【0072】（第4の実施の形態）図7に、第4の実施の形態のプラズマ処理装置の構成を示す。図7において、図3と同一の部分には同一の符号を付す。図7に示すように、この実施の形態では、クリーニングガス供給口41が処理チャンバ101の壁に等間隔に3カ所設けられた構成を有する。

【0073】第4の実施の形態のプラズマ処理装置は、 $SiH_4$ 、 $SiF_4$ をプロセスガスとして、被処理体にSiOF膜を成膜し、被処理体以外のチャンバ内に堆積したSiOF膜を $NF_3$ 、Arのクリーニングガスによりクリーニングする機能を有するもので、上記第2の実施の形態で説明したものと同様の、図4に示す構成を有する。

【0074】図8は、第4の実施の形態のプラズマ処理装置を用い、電極間距離が50mmで、ウェハ上に5 $\mu$ mのSiOF膜を成膜した後に、クリーニングを行ったときの結果である。クリーニング時、 $NF_3$ ガスは1slm、Arガスは1slmとし、処理チャンバ101内の圧力は13Paとした。

【0075】図中、a、b、c、d、eは、図7に示す処理チャンバ101内の各地点a、b、c、d、eを示し、各データは、上記各地点にシリコン熱酸化膜のチップを置き、各地点でのクリーニングレートを調べたものである。なお、地点aのチップはサセプタ上に載置し、他の各地点b、c、d、eは、サセプタと同一平面上にあるよう配置した。

【0076】図8に、クリーニングガス供給口41を2カ所として同一の条件でクリーニングを行った結果を並記する。図よりわかるように、2カ所から供給する構成

では、クリーニングガス供給口41から遠い地点bのクリーニングレートは遅い。しかし、3カ所から供給する構成では、このようなクリーニングレートの不均一性は見られない。

【0077】以上説明したように、処理チャンバ101の外部でプラズマ化したクリーニングガスを、処理チャンバ101内に3カ所から供給する本実施の形態によれば、均一なクリーニングが可能となる。

【0078】上記第4の実施の形態では、クリーニングガス供給口41を処理チャンバ101の壁に等間隔に3カ所備えた構成とした。しかし、クリーニングガス供給口41を配置する間隔は調整可能であり、また、クリーニングガス供給口41は3カ所に限られず、3カ所以上設けてもよい。

【0079】（第5の実施の形態）リモートプラズマガスを用いる上記実施の形態では、クリーニングガス供給口41は、図9に示すような形状の $Al_2O_3$ 等より構成される蓋部材42で覆われ、処理チャンバ101からクリーニングガス供給ラインL3へのガスの流入を防ぐ。この蓋部材42のスリット状開口部91を通してリモートプラズマガスが処理チャンバ101内に供給される。

【0080】第5の実施の形態のプラズマ処理装置は、 $SiH_4$ 、 $SiF_4$ をプロセスガスとして、被処理体にSiOF膜を成膜し、被処理体以外のチャンバ内に堆積したSiOF膜を $NF_3$ 、Arのクリーニングガスによりクリーニングする機能を有するもので、上記第2の実施の形態で説明したものと同様の構成を有し、上記蓋部材42の開口率を50～80%とした構成である。ここで、開口率とは、蓋部材42の開口部91の総面積の、蓋部材42の総面積に対する割合であり、（開口率（%））＝（開口部91の総面積）／（蓋部材42の総面積）×100で与えられる。

【0081】図10は、第5の実施の形態のプラズマ処理装置を用い、電極間距離が50mmで、ウェハ上に5 $\mu$ mのSiOF膜を成膜した後に、クリーニングを行ったときの結果である。蓋部材42の開口率は62%であり、クリーニング時、 $NF_3$ ガスは1slm、Arガスは1slmとし、処理チャンバ101内の圧力は13Paとした。

【0082】第4の実施例で説明したのと同様に、図中、a、b、c、d、eは、図7に示す処理チャンバ101内の各地点a、b、c、d、eを示し、各データは、上記各地点にシリコン熱酸化膜のチップを置き、各地点でのクリーニングレートを調べたものである。

【0083】図よりわかるように、開口率を62%とした場合に、処理チャンバ101内の各地点で最も高いクリーニングレートが得られる。従って、クリーニングガス供給口41の蓋部材42の開口率を50～80%としてリモートプラズマクリーニングガスを処理チャンバ1

01内に供給する本実施の形態によれば、高いクリーニンググレートのクリーニングが可能である。

【0084】この実施の形態では、蓋部材42の開口部91はスリット形状としたが、必要な開口率が得られる限り円形等、他のいかなる形状も可能である。

【0085】(第6の実施の形態)第6の実施の形態の蓋部材42の断面図を図11(a)に示す。図11

(a)に示すように、蓋部材42の各スリットは、中央部では90°、中間部では60°、端部では45°というように、別々の吹き出し角度を有し、クリーニングガス供給ライン13から供給されるガスが処理チャンバ101内の各方向に均等に吹き出すようにした構成を有する。

【0086】図12は、第6の実施の形態のプラズマ処理装置を用い、電極間距離が50mmで、ウェハ上に5μmのSiOF膜を成膜した後に、クリーニングを行ったときの結果である。蓋部材42の開口率は35%であり、クリーニング時、NF<sub>3</sub>ガスは1slm、Arガスは1slmとし、処理チャンバ101内の圧力は13Paとした。

【0087】第4の実施例で説明したのと同様に、図中、a、b、c、d、eは、図7に示す処理チャンバ101内の各地点a、b、c、d、eを示し、各データは、上記各地点にシリコン熱酸化膜のチップを置き、各地点でのクリーニンググレート調べたものである。

【0088】図12に、クリーニングガスが蓋部材42に対して垂直に吹き出す、図10(b)に示す構造の蓋部材42を用いて同一の条件でクリーニングを行った場合の結果を並記する。図12よりわかるように、クリーニングガスが各方向に均等に吹き出すように構成された蓋部材42を用いた場合には、各地点でのクリーニンググレートの向上及び均一性の向上が見られる。従って、本実施の形態によれば、クリーニンググレートが高く、かつ、均一なクリーニングが可能となる。

【0089】上記実施の形態では、蓋部材42の構造は、中央部では90°、中間部では60°、端部では45°という吹き出し角度としたが、上記構成に限らず、供給されるガスの各方向への均等な吹き出しが可能な構造であれば、いかなるものであってもよい。

【0090】(第7の実施の形態)図13に、第7の実施の形態のプラズマ処理装置の構成を示す。図13において、図3と同一の部分には同一の符号を付す。なお、ガス供給系及び上部電極系は省略した。

【0091】第7の実施の形態のプラズマ処理装置は、SiH<sub>4</sub>、SiF<sub>4</sub>をプロセスガスとして、被処理体にSiOF膜を成膜し、被処理体以外のチャンバ内に堆積したSiOF膜をNF<sub>3</sub>、Arのクリーニングガスによりクリーニングする機能を有するもので、上記第2の実施の形態で説明したものと同様の、図4に示す構成を有する。

【0092】図13に示す第7の実施の形態では、ガス供給(天板)部分22及びチャンバ壁に温調媒体の流路93が形成されている。この流路93に温調媒体を流し、天板部分22及びチャンバ壁を所定の高温に保つことができる。天板部分22は、最も、堆積膜が付きやすく、かつ、最もクリーニングされにくい部分であるので、天板部分22を加熱することにより、この部分のクリーニンググレートを高めることができる。システムコントローラ100は、上記第2の実施の形態で説明したクリーニング動作時、温調媒体の流れを制御して上記部分の温度調節を行う。

【0093】図14は、第7の実施の形態のプラズマ処理装置を用い、電極間距離が50mmで、ウェハ上に5μmのSiOF膜を成膜した後に、クリーニングを行ったときの結果である。天板部分22及びチャンバ壁は温調媒体を流して100℃に保った。蓋部材の開口率は35%であり、クリーニング時、NF<sub>3</sub>ガスは1slm、Arガスは1slmとし、処理チャンバ101内の圧力は13Paとした。

【0094】第4の実施例で説明したのと同様に、図中、a、b、c、d、eは、図7に示す処理チャンバ101内の各地点a、b、c、d、eを示し、各データは、上記各地点にシリコン熱酸化膜のチップを置き、各地点でのクリーニンググレート調べたものである。

【0095】図14よりわかるように、天板部分22を加熱すると、加熱しない場合と比べて天板部分22のクリーニンググレートは向上する。従って、天板部分22を加熱する本実施の形態によれば、クリーニングされにくい天板部分22のクリーニンググレートを高めることができ、より均一なクリーニングを可能とする。また、天板部分22及びチャンバ壁を加熱することにより、処理チャンバ101内全体が加熱され、クリーニンググレートを上向きさせることができる。

【0096】(第8の実施の形態)図15に第8の実施の形態のプラズマ処理装置の構成を示す。図15において、図3と同一の部分には同一の符号を付す。なお、ガス供給系及び上部電極系は省略した。

【0097】第8の実施の形態のプラズマ処理装置は天板部分及びチャンバ壁部分にニクロム線等より構成されたヒータ94が埋設された構成を有し、上記第7の実施の形態と同様に、天板部分22及びチャンバ壁部分を加熱可能に構成されている。システムコントローラ100は、上記第2の実施の形態で説明したクリーニング動作時、ヒータ94を制御して上記部分の温度調節を行う。

【0098】図14に、第8の実施の形態のプラズマ処理装置において、上記第7の実施の形態と同一の条件でクリーニングを行った結果を示す。図よりわかるように、天板部分22を加熱することにより、天板部分22のクリーニンググレートは向上する。従って、天板部分22を加熱する本実施の形態によれば、クリーニングされ

にくい天板部分22のクリーニングレートが高めることができ、より均一なクリーニングを可能とする。また、天板部分22及びチャンバ壁を加熱することにより、処理チャンバ101内全体が加熱され、クリーニングレートを向上させることができる。

【0099】(第9の実施の形態)図16に第9の実施の形態のプラズマ処理装置の構成を示す。図16において、図3と同一の部分には同一の符号を付す。なお、ガス供給系及び上部電極系は省略した。

【0100】第9の実施の形態のプラズマ処理装置は、処理チャンバ101の外部にハロゲンランプ等の光源95を備え、処理チャンバ101の壁に備えられた窓96から天板部分22及びチャンバ壁に光照射可能に構成されている。システムコントローラ100は、上記第2の実施の形態で説明したクリーニング動作時、この光源95の光照射を制御して上記部分を加熱し、上記部分の温度調節を行う。

【0101】図14に、第9の実施の形態のプラズマ処理装置において、上記第7の実施の形態と同一の条件でクリーニングを行った結果を示す。図14よりわかるように、天板部分22を加熱することにより、天板部分22のクリーニングレートは向上する。従って、天板部分22を加熱する本実施の形態によれば、クリーニングされにくい天板部分22のクリーニングレートを高めることができ、より均一なクリーニングを可能とする。また、天板部分22及びチャンバ壁を加熱することにより、処理チャンバ101内全体が加熱され、クリーニングレートを向上させることができる。

【0102】上記実施の形態では、天板部分22等の加熱は100℃としたが、クリーニングレートが高く、かつ、均一なクリーニングの可能な温度であれば、いかなる温度でもよい。

【0103】上記実施の形態ではクリーニングガスとして $\text{NF}_3$ を用いた。しかし、他のドライクリーニングに用いるクリーニングガス、例えば、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$ 等のフッ素系物質や $\text{Cl}_2$ 、 $\text{BCl}_3$ 等の塩素系物質を含むガスを使用してもよい。

【0104】上記実施の形態は、半導体ウェハ上にSiO<sub>2</sub>膜等の薄膜形成を行うプラズマ処理装置のドライクリーニングである。しかし、この本発明のクリーニング方法はプラズマ処理装置に限らず、ドライクリーニングの適用可能ないかなる装置に対しても適用可能である。

【0105】

【発明の効果】本発明により、クリーニングレートが高く、かつ、均等なクリーニングの可能なプラズマ処理装置のクリーニング方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成例を示す図である。

【図2】第1の実施の形態に係るプラズマ処理装置のク

リーニング結果を示す図である。

【図3】第2の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成例を示す図である。

【図4】第2の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成例を示す図である。

【図5】第2の実施の形態に係るプラズマ処理装置のクリーニング結果を示す図である。

【図6】第3の実施の形態に係るプラズマ処理装置のクリーニング結果を示す図である。

【図7】第4の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成例を示す図である。

【図8】第4の実施の形態に係るプラズマ処理装置のクリーニング結果を示す図である。

【図9】蓋部材を示す図である。

【図10】第5の実施の形態に係るプラズマ処理装置のクリーニング結果を示す図である。

【図11】蓋部材を示す図である。

【図12】第6の実施の形態に係るプラズマ処理装置のクリーニング結果を示す図である。

【図13】第7の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成例を示す図である。

【図14】天板部分を加熱した場合のクリーニング結果を示す図である。

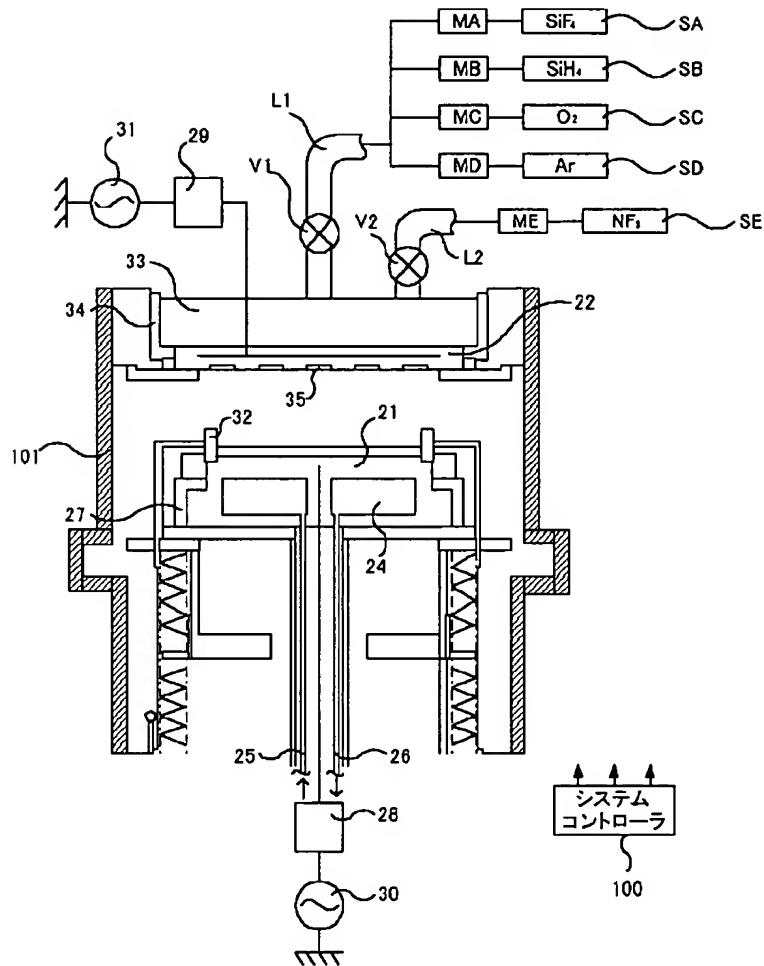
【図15】第8の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成例を示す図である。

【図16】第9の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成例を示す図である。

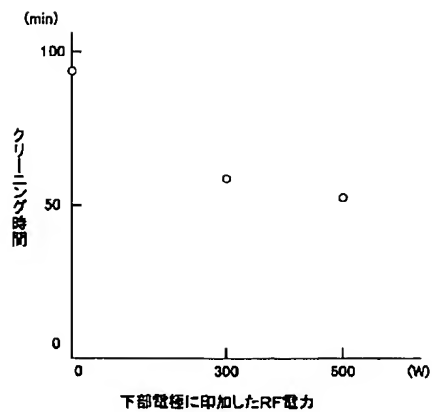
【符号の説明】

- 100 システムコントローラ
- 101 処理チャンバ
- 102 プラズマ発生装置
- 103 ターボ分子ポンプ
- 104 圧力調整弁
- 21 サセプタ
- 22 上部電極/電極板(天板)
- 24 温調媒体流路
- 25 温調媒体供給管
- 26 温調媒体排出管
- 27、34 絶縁体
- 28、29 整合器
- 30、31 RF電源
- 32 フォーカスリング
- 33 電極支持体
- 35 ガス供給穴
- 41 クリーニングガス供給口
- 42 蓋部材
- 91 開口部
- 93 流路
- 94 ヒータ
- 95 光源

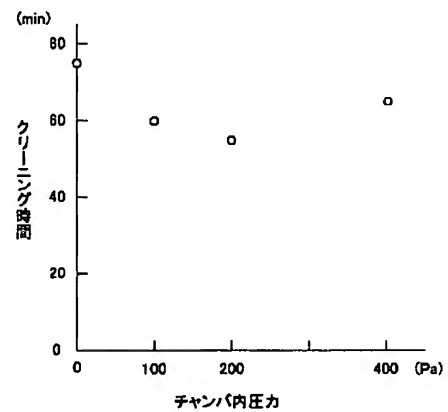
【図1】



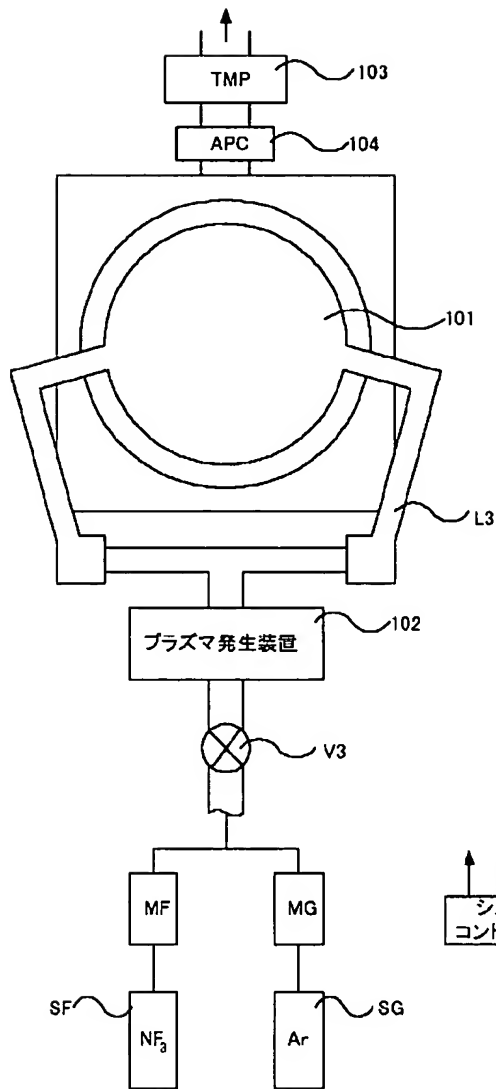
【図2】



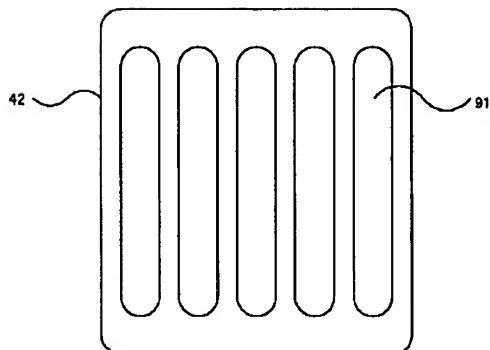
【図5】



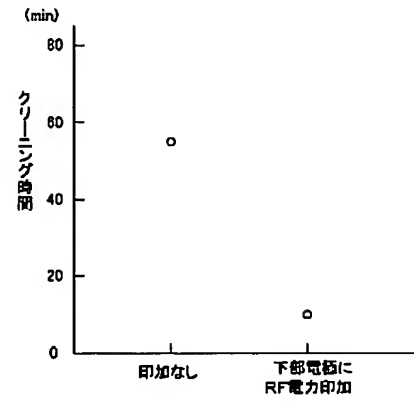
【図3】



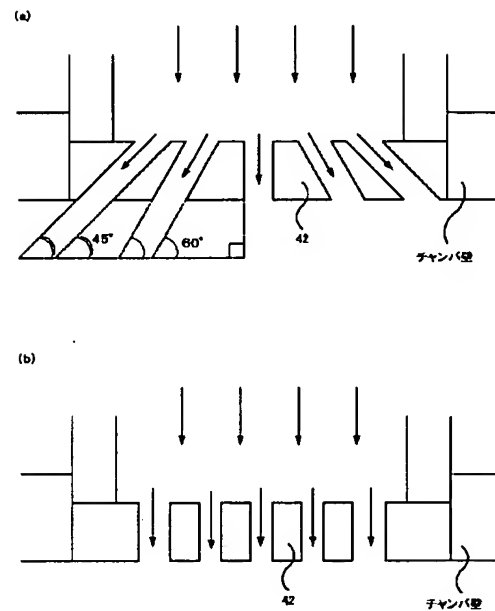
【図9】



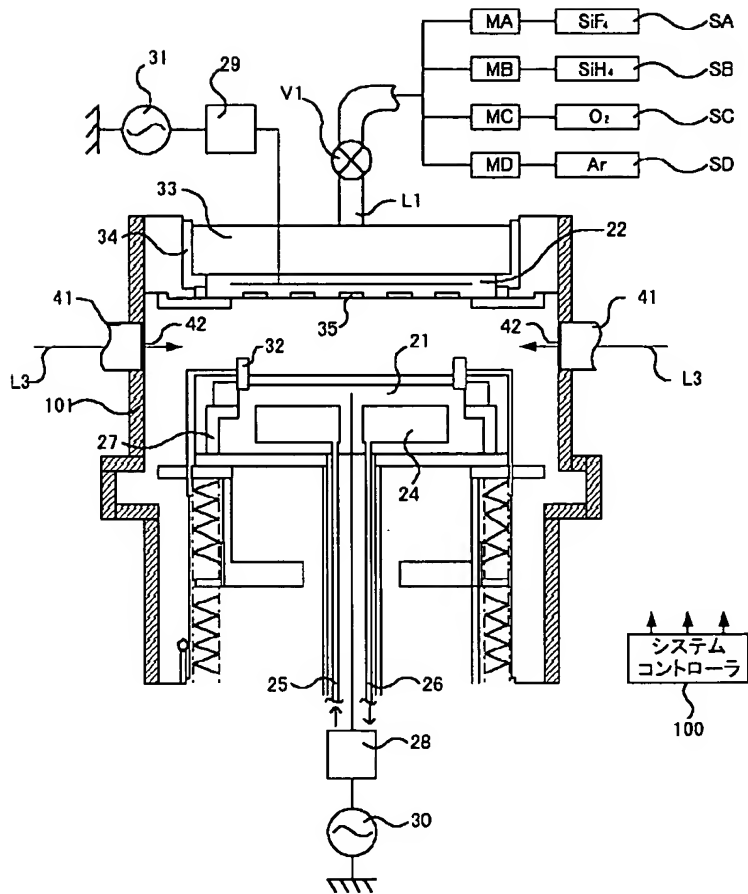
【図6】



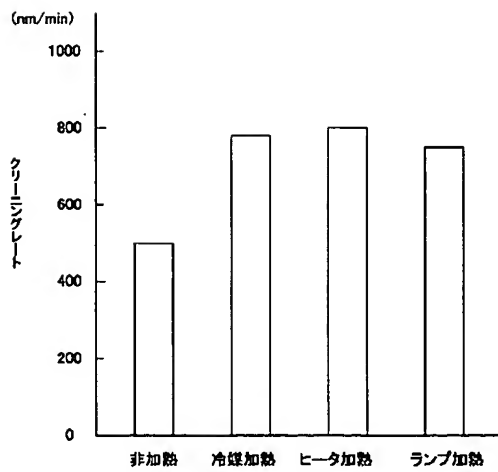
【図11】



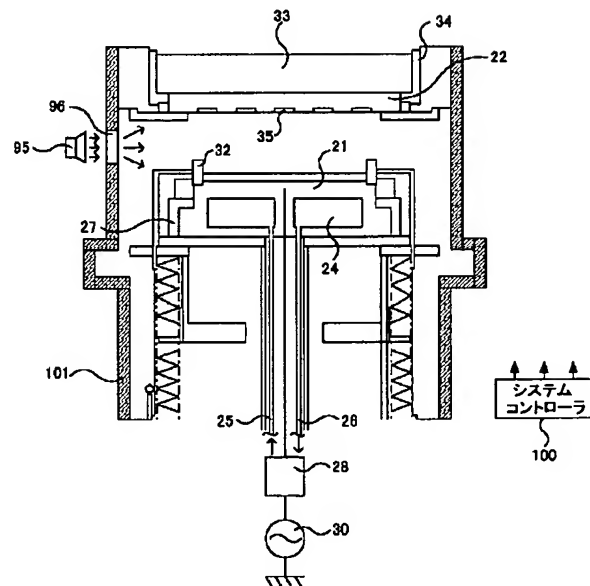
【図4】



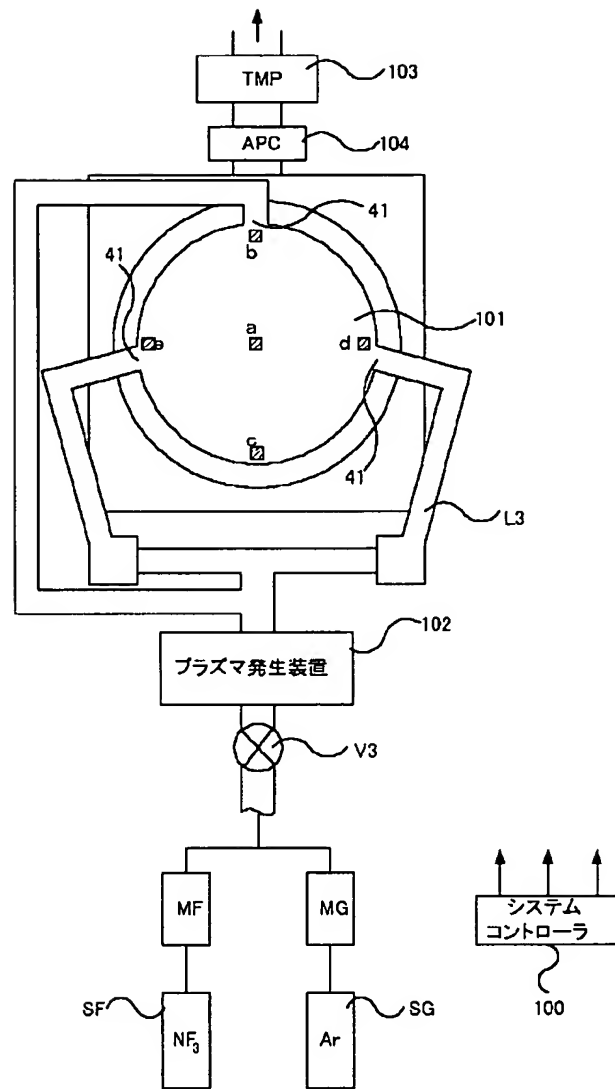
【図14】



【図16】

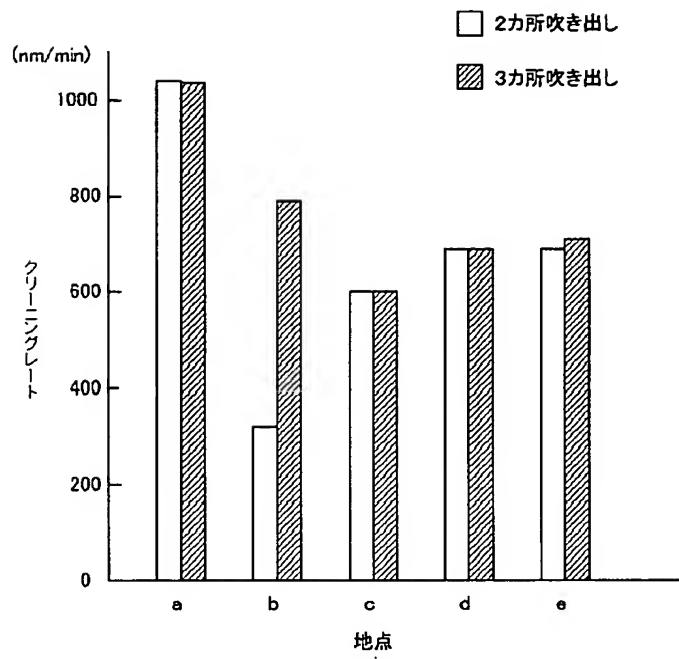


【図7】

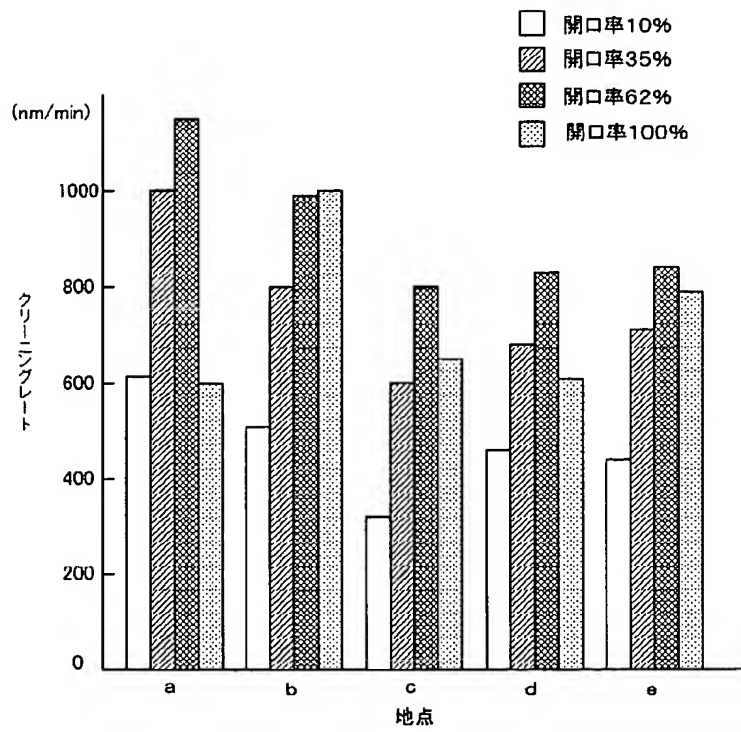




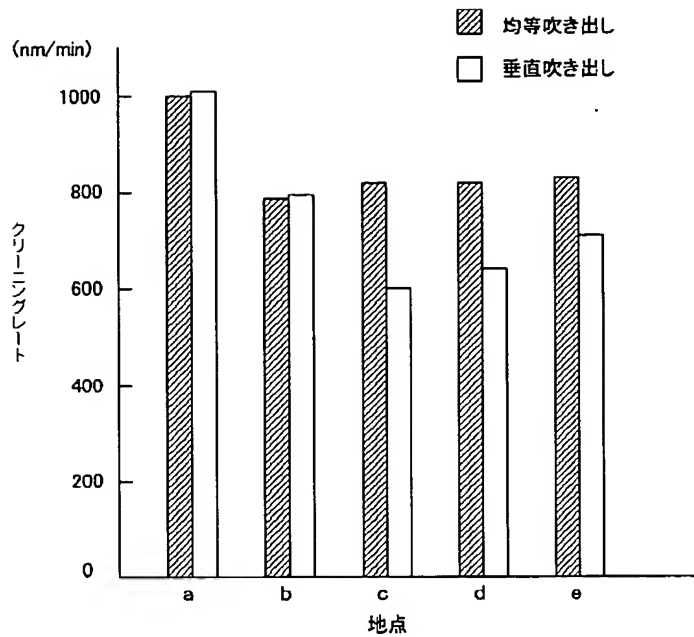
【図8】



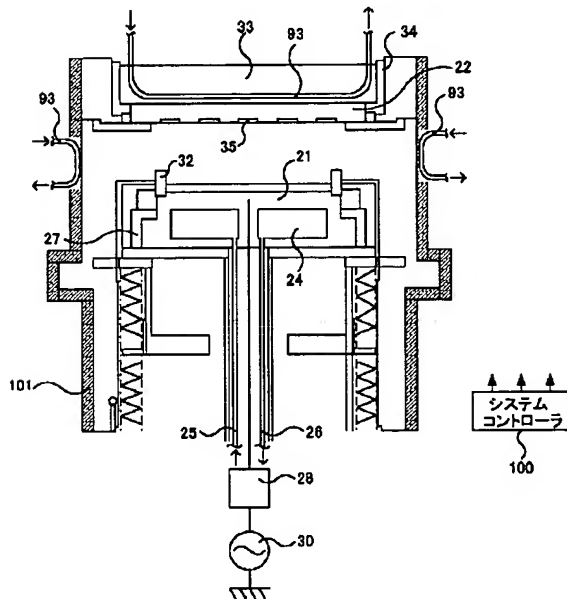
【図10】



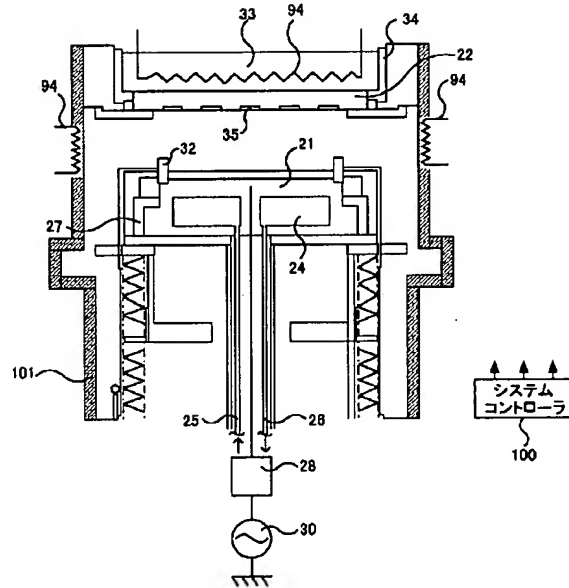
【図12】



【図13】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 中瀬 りさ  
神奈川県津久井郡城山町町屋1丁目2番41  
東京エレクトロン宮城株式会社内

(72)発明者 石塚 修一  
山梨県韭崎市穂坂町三ツ沢650 東京エ  
レクトロン宮城株式会社内

Fターム(参考) 4K030 DA06 EA06 FA03 JA09 KA22  
KA37  
5F004 AA15 BA03 BA04 BB13 BC03  
BD04 DA17  
5F045 AB31 AC01 AC02 BB14 DP03  
EB06 EE06 EH13 EK06 EK07